

РАССЕИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ОТРАЖАТЕЛЯ С МАГНИТО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ

© 2016 А. В. Сергеев, Х. И. Бешер

Российский новый университет
Воронежский институт высоких технологий

Статья посвящена исследованию рассеивающих свойств отражателя – полоскам с магнито-диэлектрическим материалом. Приведена зависимость числа локальных максимумов в характеристике рассеяния от длины полоски.

Ключевые слова: рассеяние электромагнитных волн, отражатель, поглощение.

Моделирование рассеяния электромагнитных волн (ЭМВ) на объектах сложной формы имеет большое значение в связи с необходимостью решения задач радиолокационного распознавания, решения задач электромагнитной совместимости и т. д.

Представляет интерес исследовать характеристики рассеяния двумерных полосок с нанесенными на их поверхность магнито-диэлектрическими материалами (МДМ), имеющими различные радиофизические параметры. Рассматривается моностатический и бистатический случаи. Такие элементы могут быть рассмотрены как базовые, входящие в состав многих объектов.

При решении задачи рассматривается электрическое поле $E(x_0, y_0)$ в произвольной точке наблюдения, затем точка (x_0, y_0) помещается в сечение S МДМ и на контур L_m металла (рис. 1). Путем применения граничных условий получается система интегральных уравнений Фредгольма 1 рода (рассматривается случай E -поляризации облучающей волны). На основе найденных токов определяется рассеянное электромагнитное поле и эффективная площадь рассеяния (ЭПР).

Радиофизические параметры МДМ определяются диэлектрической и магнито-диэлектрической проницаемостями, которые в общем случае могут быть комплексными: $\varepsilon = \varepsilon' + j\varepsilon''$, $\mu = \mu' + j\mu''$. При расчетах нами было выбрано три типа МДМ со следующими параметрами: 1) $\varepsilon = 1$, μ – комплексное, 2) $\mu/\varepsilon = 1$, 3) $\mu = 1$, ε – комплексное. Другой возможный подход, который и использовался нами, состоит в задании комплексного ко-

эффициента преломления МДМ: $n = n' + jn''$. Значения модуля коэффициента преломления были ограничены следующей величиной: $|n| \leq 7$.

Рассматривались МДМ с толщиной $0 < d \leq 0.05\lambda$. Длина двумерной полоски лежала в пределах $1\lambda \leq L \leq 5\lambda$. Рассматривалась передняя полусфера: $0 \leq \theta \leq 90^\circ$. Отметим, что для бистатического и моностатического рассеяния число локальных максимумов в диаграмме обратного рассеяния (ДОР) меняется одинаковым образом при изменении $|n|$ и L для МДМ указанных трех типов, то есть с увеличением размера двумерной полоски при постоянном $|n|$ при заданном типе МДМ растет число локальных максимумов в ДОР, а с увеличением $|n|$ при постоянной длине полоски при заданном типе МДМ число локальных максимумов не меняется.

При заданном значении $|n|$ число локальных максимумов в ДОР для определенного значения L при моностатическом рассеянии будет больше, чем при бистатическом рассеянии. На рисунке 2 изображена зависимость числа локальных максимумов N_{\max} от L для толщины МДМ $d = 0.01\lambda$ для обоих случаев. Существует также сдвиг локального минимума в ДОР в сторону меньших углов при бистатическом рассеянии для малых значений $|n|$: $|n| \leq 3$ с увеличением n'' . На рис. 3 приведен пример расчета ЭПР двумерной полоски с нанесенным МДМ толщиной $d = 0.01\lambda$ и $|n| = 3$ а) с длиной $L = 5$ б) с длиной $L = 3$.

Угловые зависимости ЭПР могут быть довольно сложными, особенно для полосок, имеющих большие размеры, поэтому нами исследовалась возможность аппроксимации этих зависимостей с помощью достаточно простых функций. Было установлено, что для бистатического рассеяния при неболь-

Сергеев Александр Владимирович – РочНОУ, студент, e-mail: serglorodowoc4@yandex.ru.
Бешер Хуссам Ияд – ВИБТ АНОО ВО, аспирант, e-mail: bbexi65093fw@yandex.ru.

ших значениях L : $L \leq 1$ и значениях $|n|$, лежащих в указанных пределах, возможна полиномиальная аппроксимация: $y = \sum_{i=1}^{NP} a_i x^i$

Степень полинома не превосходит $NP=5$ при относительной погрешности аппроксимации менее 1 %.

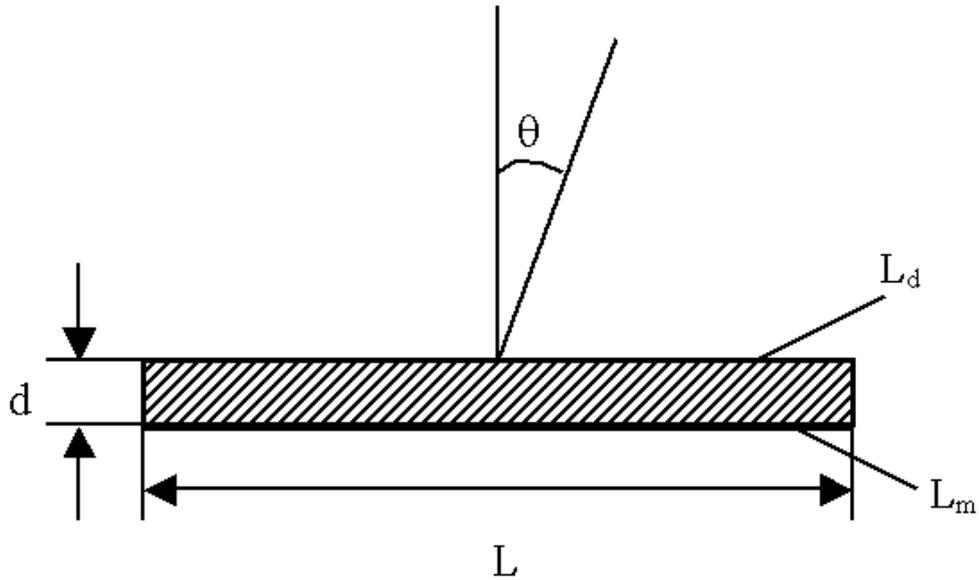


Рис. 1. Схема рассеяния ЭМВ на двумерной пластине с МДМ

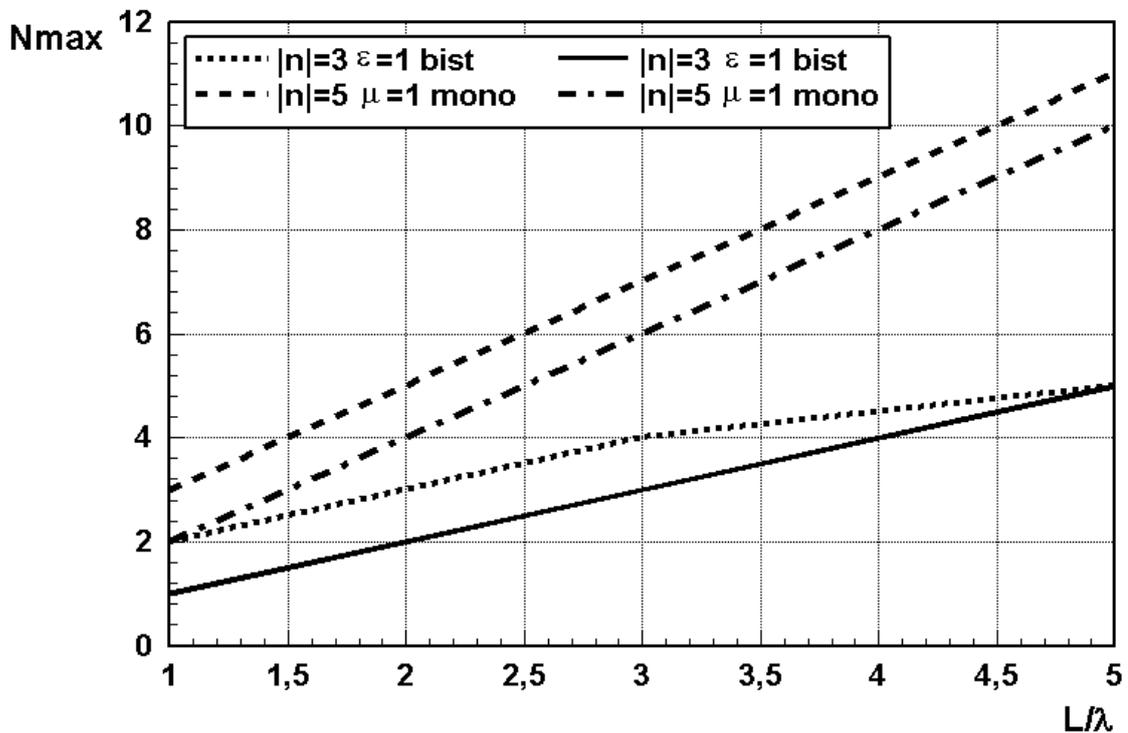


Рис. 2. Зависимость числа локальных максимумов в ДОР от длины полоски L для толщины МДМ $d=0.01\lambda$

Такая же аппроксимация возможна для моностатического рассеяния при тех же значениях L и $|n|$. При других значениях $|n|$ и L необходимо использовать кусочно-линейную аппроксимацию. Необходимо

брать не более 25 узлов аппроксимации для указанного сектора углов наблюдения. При этом относительная погрешность аппроксимации также не превышает 1 %.

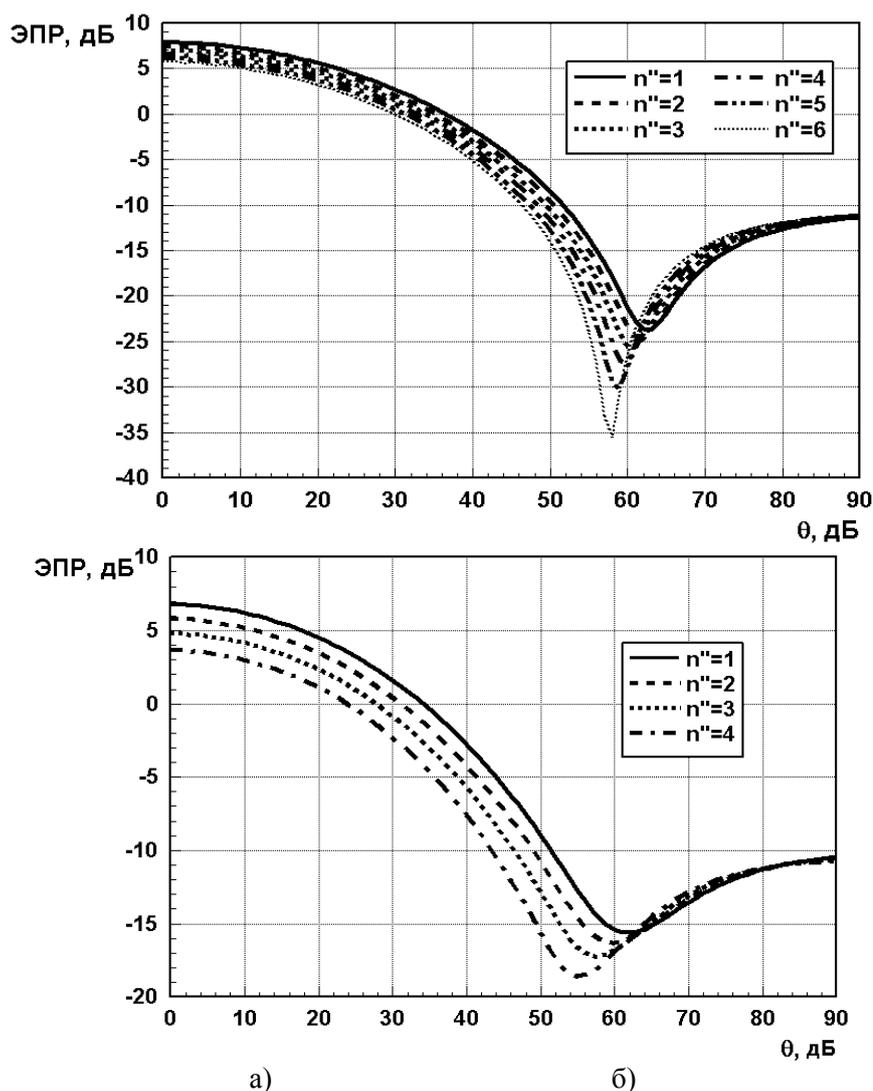


Рис. 3. Бистатическая ЭПР двумерной полоски с нанесенным МДМ толщиной $d=0.01\lambda$ и $|n|=7$
 а) с длиной $L=5$; б) с длиной $L=3$

Таким образом, в работе исследованы рассеивающие свойства идеально проводящей двумерной полоски с нанесенным на ее поверхность МДМ. Поскольку во многих практических приложениях можно использовать фасетные модели, то полученные результаты будут полезны при решении как прямых, так и обратных электродинамических задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров Е. В. Численный анализ дифракции радиоволн. / Е. В. Захаров, Ю. В. Пименов // М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
2. Половко А. М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. / А. М. Половко, П. Н. Бутусов. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.
3. Панасюк В. В. Метод сингулярных интегральных уравнений в двумерных задачах дифракции. / В. В. Панасюк, М. П. Сав-

рук, З. Т. Назарчук. – К.: Наукова думка, 1984. – 344 с.

4. Глотова Т. В. Применение методов оптимизации для проектирования поглотителей электромагнитных волн / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 8.
5. Щербатых С. С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн / С. С. Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 10.
6. Глотова Т. В. Применение гибридного метода для расчета характеристик рассеяния объектов над шероховатой поверхностью / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 11.
7. Максимова А. А. Характеристики двумерно-периодичных гребенок с диэлектрическим волноводом / А. А. Максимова //

Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 12.

8. Бокова О. И. Проектирование наземных радиосистем передачи информации с помощью специализированных программных комплексов / О. И. Бокова, С. В. Канавин, Н. С. Хохлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 2. – С. 6.

9. Глотова Т. В. Модификация метода моментов в задачах рассеяния электромаг-

нитных волн / Т. В. Глотова, Т. В. Мельникова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 2. – С. 11.

10. Глотова Т. В. Решение задачи рассеяния электромагнитных волн на магнито-диэлектрическом объекте на основе адаптивного метода / Т. В. Глотова, Т. В. Мельникова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 2. – С. 15.

THE SCATTERING PROPERTIES OF THE REFLECTOR WITH THE MAGNETO-DIELECTRIC MATERIAL

© 2016 A. V. Sergeev, H. I. Beshar

*Russian New University
Voronezh institute of high technologies*

The paper is devoted to the scattering properties of the reflector strip with magneto-dielectric material. Given the dependence of the number of local maxima in the characteristic of scattering from the length of the strip.

Keywords: scattering of electromagnetic waves, the reflector, the absorption.